Zur Anatomie einiger Palmenblätter

von

Dr. O. Bobisut,

Assistent am botanischen Institut der k. k. Universität Graz.

(Mit 4 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Juli 1904.)

I.

Die Blätter der Palmen sind vom anatomisch-physiologischen Standpunkt aus bisher noch sehr wenig untersucht worden. Auf Veranlassung Herrn Prof. Haberlandt's unternahm ich es, einige der bekanntesten Arten auf ihre anatomische Blattstruktur hin zu vergleichen und namentlich in Erwägung zu ziehen, inwiefern die anatomischen Verhältnisse des Blattes im Einklange mit den natürlichen Standortsverhältnissen stehen, eine Frage, die sich naturgemäß in erster Linie auf das Vorhandensein von Schutzeinrichtungen gegen übermäßige Transpiration zuspitzt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle Herrn Prof. Haberlandt für die vielfache Unterstützung und Anregung, die er meiner Arbeit angedeihen ließ, meinen verbindlichsten Dank zu sagen.

II.

Nipa fruticans.

Taf. I, Taf. IV, Fig. 10.

Von dieser schon durch ihre habituelle Ausbildung interessanten Palme wurden in Alkohol konservierte Fiedern untersucht, die Prof. Haberlandt auf Java gesammelt hatte. Die Fieder zeigt folgenden anatomischen Bau. Die Zellen der oberen

Epidermis sind verhältnismäßig klein, von der Oberfläche aus gesehen sind sie teils quer-, teils längsgestreckt, teils isodiametrisch und lassen eine deutliche Anordnung zu Längsreihen erkennen, im Querschnitt erscheinen sie niedrig, mit mäßig verdickten Außenwänden. Spaltöffnungen treten in der oberen Epidermis nur höchst selten und vereinzelt auf, dagegen kommen in großer Zahl eigentümliche Gebilde vor, von denen später die Rede sein wird. Auf die Epidermis folgt ein zweischichtiges Hypoderm. Die obere Schicht setzt sich aus lückenlos zusammenschließenden Zellen sklerenchymatischen Charakters zusammen, welche in der Oberflächenansicht quergestreckt und in regelmäßige Längsreihen gestellt sind; die Zellen je zweier benachbarter Längsreihen erscheinen, weil die trennenden Wände meist sehr schief gestellt sind, regelrecht spitz ineinander verkeilt. Am Querschnitte der Fieder zeigen die Zellen rechteckigen Umriß, am Längsschnitte haben sie das Aussehen querdurchschnittener großlumiger Bastzellen (Taf. IV, Fig. 10). An Länge stimmen die Sklerenchymzellen mit den Epidermiszellen überein, übertreffen sie dagegen durchschnittlich um das Dreifache an Breite und $^1/_2$- bis einmal an Höhe. Die gleichmäßige Verdickung der getüpfelten und verholzten Wände entspricht jener der Außenwand der Epidermiszellen; der Zellkern sitzt der unteren Wand auf. Die untere Schicht des Hypoderms ist als Wassergewebe ausgebildet und besteht aus Zellen, die etwas höher sind als die Sklerenchymzellen, sonst aber nahezu isodiametrische Ausbildung zeigen; die Wände sind kaum noch einmal so dick als die dünnen Wände der Palisadenzellen, getüpfelt und unverholzt; die untere Tangentialwand, welcher der Zellkern aufsitzt, springt gewöhnlich konvex gegen das Mesophyll vor. Das Palisadengewebe, welches nun folgt, ist zweischichtig. Die Zellen der oberen Palisadenschicht sind bald bedeutend länger, bald ebenso lang oder selbst kürzer als die der unteren Schicht; dieses Längenverhältnis variiert ohne besonders ersichtlichen Grund schon an ein und demselben Querschnittsbild. Das Schwammparenchym setzt sich aus vier bis sechs Zellagen zusammen. An Querschnitten durch die Fieder erscheinen die Zellen des Palisaden-, wie auch des Schwammparenchyms lückenlos aneinandergereiht; Längsschnitte dagegen ergeben

einen großen Reichtum an Interzellularen sowohl im Schwammparenchym wie in der unteren Palisadenzellage. Den Abschluß des Blattes nach unten zu bilden dieselben Gewebe wie an der Oberseite. An das Schwammparenchym schließt ein einschichtiges Wassergewebe an, welches so gebaut ist wie das obere, nur daß seine Zellen durchschnittlich etwas kleiner sind; die Zellkerne liegen der oberen Tangentialwand an. Auf das Wassergewebe folgt eine Sklerenchymschicht, welche wieder denselben Charakter hat wie die obere Sklerenchymlage, meist aber aus zwei Zellschichten sich aufbaut. Die untere Epidermis ist ganz ähnlich gebaut wie die obere, doch sind die meisten Zellen längsgestreckt. Die zahlreichen Spaltöffnungen, welche in ihr auftreten, liegen, wie dies bei den Palmen wohl die allgemeine Regel sein mag, alle mit ihrer Zentralspalte in der Längsrichtung der Fieder; auf ihren interessanten Bau wird gleich die Sprache kommen. Die angedeuteten Gebilde der oberen Epidermis sind auch hier zu beobachten. In dem grünen Mesophyll finden sich zahlreiche Gefäßbündel und kleine selbständige Bastbündel vor. Die Gefäßbündel sind von sehr verschiedener Größe, im übrigen nach dem allgemeinen Palmentypus gebaut. Im Längsverlaufe der größeren Bündel sind die Palisaden- und Schwammparenchymzellen, welche oberhalb beziehungsweise unterhalb des Gefäßbündels liegen, oft auf weite Strecken hin unter Beibehaltung ihrer Gestalt, aber mäßiger Verdickung ihrer Wände in Wassergewebszellen umgewandelt; dadurch wird sowohl der obere wie der untere Wassergewebsmantel des Blattes in kontinuierlichem Zusammenhange mit den wasserleitenden Wegen erhalten. Die isolierten Bastbündel verlaufen alle parallel der Längsrichtung der Fieder und erscheinen am Blattquerschnitt in zwei mehr oder weniger verzogene Reihen angeordnet; die eine Reihe geht durch die Grenze zwischen Palisaden- und Schwammparenchym, die andere liegt im Schwammparenchym selbst; alle Bastbündel werden von einer Deckzellenschicht umscheidet, die sich auch an den Bastbelegen der Gefäßbündel wiederfindet. Bemerkenswert ist, daß der Fiederspreite Trichombildungen gänzlich abgehen.

Aus der gegebenen Beschreibung ergibt sich, daß die Gewebedifferenzierung in der *Nipa*-Blattfieder verschiedene

Details aufweist, die im Zusammenhange stehen mit den biologischen Verhältnissen der Palme. Wir wollen hier jedoch nur zwei Objekte näher erörtern: die eigentümlich gebauten Spaltöffnungen und die angedeuteten merkwürdigen Gebilde an den beiden Epidermen.

Wie bereits erwähnt, treten Spaltöffnungen fast ausschließlich auf der Unterseite der *Nipa*-Fiedern auf und sind durchgehends so orientiert, daß ihre Zentralspalte mit der Längsrichtung der Fieder zusammenfällt. Der Spaltöffnungsapparat (Fig. 1 bis 3) besteht wie bei den meisten Palmen aus Schließ- und Nebenzellen. Die Nebenzellen umgeben die beiden Schließzellen in einem geschlossenen Kranz und sind gewöhnlich zu vier vorhanden, je eine seitlich von jeder Schließzelle, die beiden andern quer dazu; hie und da erscheint eine Spaltöffnung auch von fünf bis sechs Nebenzellen umsäumt (Fig. 3). Die Schließzellen sind mehr oder weniger tief unter das Niveau der Epidermis versenkt. Dadurch kommt eine waschbeckenförmige äußere Atemhöhle zu stande, deren Grund von den Außenwänden der Schließzellen gebildet wird, während die konvexe Seitenkontur den nach abwärts gekrümmten Außenwänden der Nebenzellen angehört. Diese Atemhöhle wird vollständig von einer gelblichweißen, körnigen, in Äther und Chloroform leicht löslichen Wachsmasse ausgefüllt, welche geradlinig abschließt, wenn die Schließzellen verhältnismäßig tief eingesenkt sind, sich hingegen schwach konvex über das Niveau der Epidermis vorwölbt, wenn die Versenkung seichter ist. Im Querschnitte zeigt die Spaltöffnung folgenden Bau (Fig. 1 und 2): Die Rückenwand wölbt sich mäßig gegen die Nebenzelle vor, ist dünn, ohne Verdickungsleisten und besteht nur aus Zellulose. Die Bauchwand ist in ihrem ganzen Verlaufe dick und sehr charakteristisch gebaut. Die Außenseite ist stark cutinisiert und erscheint in der Mitte auf eine längere Strecke hin geradlinig abgestutzt, so daß die Zentralspalte am Querschnitte der Spaltöffnung sich als ein langer Kanal darstellt. Oben springt die Cuticula als mächtiges äußeres Cuticularhörnchen vor und ebenso bildet sie unten einen spitzen inneren Cuticularzahn. Aber auch im Vorhofe sind von oben nach unten an Dicke abnehmende Cuticularleisten entwickelt, und der Hinterhof schließt an der

Übergangsstelle in die Zentralspalte ebenfalls mit einer Cuticularleiste ab; der Kontur der Bauchwandmitte ist gewöhnlich ganz glatt, seltener durchgehends mit sehr feinen Leisten versehen. Alle diese Cuticularleisten der Bauchwand, vom äußeren Cuticularhörnchen angefangen bis zum untersten Zahn, springen so weit vor, daß sie im Querschnitte fest durch eine gerade Linie verbunden werden können. Von den beiden äußeren Cuticularhörnchen der Spaltöffnung greift immer das eine über das andere vor. Ebenso sind die übrigen Zähne so gestellt, daß die der einen Schließzelle genau in die Lücken der andern hineinpassen. Nur die beiden untersten Cuticularzähne sind einander parallel gestellt und bilden einen engen, geraden oder etwas gewundenen Kanal, welcher von der inneren Atemhöhle in den kleinen Hinterhof führt. Einen nicht minder befremdenden Eindruck als die Außenseite macht auch die Innenseite der Bauchwand; hier sitzt der Mitte eine mächtige Zelluloseleiste auf, die am Querschnitte halbkreisförmig in das Lumen der Schließzelle hineinragt; diese Zelluloseleiste geht parallel mit der Zentralspalte deren ganze Länge entlang und setzt sich noch etwas darüber hinweg mit verjüngten Enden auf die den beiden Schließzellen gemeinsamen Wände fort. Im Inhalte der Schließzellen tritt reichlich feinkörnige Stärke auf. Die Nebenzellen sind noch um gut ein Drittel höher als die Schließzellen und haben ein wohl entwickeltes äußeres Hautgelenk; ein inneres Hautgelenk fehlt. Die innere Atemhöhle wird ausschließlich von dünnwandigen Schwammparenchymzellen ausgekleidet; auch dem Spaltöffnungsapparat selbst sitzen dünnwandige Zellen in einem geschlossenen einschichtigen Kranz auf (Fig. 1, *a*).

Schon das Vorkommen eines Wassergewebes deutet darauf hin, daß die *Nipa*-Blätter, trotzdem die Palme meist direkt in Wasser wurzelt, unter Umständen eines ausgiebigen Schutzes gegen zu starke Transpiration bedürfen. Wenn auch die Pflanze nicht mehr zur eigentlichen Mangrovevegetation gehört, sondern oft schon in ganz süßen Flußläufen auftritt und demnach keiner Erschwerung der Wasserzufuhr durch hohen Salzgehalt des Substrates ausgesetzt ist, so tritt doch in den Mittagsstunden die Gefahr ein, daß die große Blattfläche wegen der starken Insolation durch die tropische Sonne stärker transpiriert, als

sie von unten her mit Wasser versorgt wird. Einer solchen Gefahr wird, abgesehen von der Entwicklung des Wassergewebes, durch die charakteristische Ausbildung der Spaltöffnungen vorgebeugt. Über die Mechanik des Öffnens und Schließens des Spaltöffnungsapparates läßt sich vorderhand, da nur Alkoholmaterial untersucht werden konnte, eine ganz bestimmte Ansicht nicht äußern; so viel aber ist sicher, daß die Bauchwand der Schließzellen bei Turgoränderungen eine Krümmung nicht erfahren kann, da sie stark verdickt und außen in ihrem ganzen Verlaufe mit vorspringenden Leisten versehen ist, die infolge ihrer oben geschilderten Anordnung bei der geringsten Krümmung der Bauchwände sofort eine gegenseitige Verspreizung derselben zur Folge hätten. Klar ist dagegen ohneweiters, daß wegen der besonderen Ausbildung der Bauchwände die Transpiration bei geschlossener Spaltöffnung auf das denkbar möglichste Minimum herabsinken muß. Die Zentralspalte ist ungewöhnlich hoch und die zahlreichen Cuticularleisten, die mit ihrem Ende so weit vorragen, daß sie in ihrer Aufeinanderfolge die Bauchwand geradlinig abschließen, sind so angeordnet, daß die der einen Bauchwand genau in die Lücken zwischen jene der andern hineinpassen. Das Charakteristische der *Nipa*-Spaltöffnung ist also der verhältnismäßig lange, enge und zugleich gewundene Weg, den der aus der Atemhöhle nach außen austretende Wasserdampf zurücklegen muß. Schon um in den kleinen Hinterhof zu gelangen, muß der Wasserdampf die enge und relativ hohe Spalte[1] passieren, welche die einander parallel gestellten untersten Cuticularzähne bilden; nun muß er sich durch die hohe Zentralspalte durchzwängen, um den Vorhof zu erreichen; und der Vorhof selbst mündet nicht frei nach außen aus, sondern durch eine feine Spalte der übereinander greifenden äußeren Cuticularhörnchen. Zieht man außerdem noch in Betracht, daß die Spalt-

[1] Die an der Zentralspalte der Innenseite der Bauchwand aufgelagerte mächtige Zelluloseleiste dürfte zweifelsohne die Aufgabe haben, zu verhindern, daß bei Turgorschwankungen die Bauchwand an dieser Stelle Krümmungen erfährt; denn nur dann, wenn die Bauchwand stets gerade bleibt, ist die Gefahr einer Verspreizung ihrer Cuticularleisten und eines Offenbleibens der Spaltöffnungen bei sinkendem Turgor ausgeschlossen.

öffnungen eingesenkt sind und überdies die äußere Atemhöhle mit einem Wachspfropfen ausgefüllt ist, so kann man kaum in der Annahme fehlgehen, daß bei geschlossenen Spaltöffnungen die stomatäre Transpiration des Blattes nahezu ganz unterbrochen ist.

Interessant ist ein Vergleich der Spaltöffnungen der Blattfiedern mit denen der scheidigen Hochblätter des Fruchtstandes. Die untersuchten Scheiden stammten von Fruchtständen ab, die von Prof. Palla bei Palembang auf Sumatra gesammelt worden waren. Der anatomische Bau einer solchen Hochblattscheide ist im wesentlichen der folgende: Die obere Epidermis besteht aus längsgestreckten Zellen mit dicken Außenwänden; in ihr treten in reicher Menge den schon angedeuteten eigentümlichen Gebilden der Laubblattepidermis homologe, aber wesentlich anders ausgebildete Apparate auf. Die untere Epidermis hat minder langgestreckte Zellen, deren Außenwand papillös vorspringt und dünn oder mäßig verdickt ist; in ihr liegen zahlreiche normale Spaltöffnungen und überdies vereinzelt wieder die Gebilde der oberen Epidermis, doch in abweichender Gestalt. Auf beide Epidermen folgt ein einschichtiges Sklerenchym und einschichtiges Wassergewebe; das Sklerenchym weicht in seinem Baue nur unwesentlich von jenem des Fiederblattes ab; etwas mehr modifiziert erscheint das Wassergewebe der Oberseite, indem seine Zellen wie die Sklerenchymzellen quergestreckt sind und stellenweise Interzellularen zwischen sich aufweisen. Das Assimilationsgewebe findet sich auf der Unterseite des Hochblattes vor, da diese infolge der scheidenförmigen Ausbildung des Blattes als Außenseite allein entsprechender Beleuchtung ausgesetzt ist; es ist größtenteils sechs- bis achtschichtig, die Zellen haben nicht Palisadengestalt, sondern sind mehr oder minder isodiametrisch. Gegen die Blattmitte zu geht das Assimilationsgewebe in Schwammparenchym über, dessen an das obere Wassergewebe angrenzende Zellen in einer zwei bis vier Schichten dicken Lage wie die Wassergewebszellen stark quergestreckt erscheinen. Größere und kleinere Gefäßbündel mit dem Leptom vorgelagerten Bastrippen liegen teils im Schwammparenchym, teils im unteren Teile des Assimilationsgewebes sowie an den Grenzen beider Mesophyllteile.

Ebenso kommen zahlreiche isolierte, von Deckzellen begleitete Bastbündel vor, klein und ziemlich zerstreut im Schwammparenchym, dicht gehäuft und häufig sehr groß im Assimilationsgewebe, meist direkt an das untere Wassergewebe anstoßend.

Die Spaltöffnungen dieser Hochblätter (Fig. 9 bis 11) sind zwar wie die der Blattfiedern eingesenkt und stimmen mit ihnen auch in der Größe und Anzahl der Nebenzellen überein; aber in ihrem sonstigen Bau weichen sie wesentlich ab. Die stark in das Lumen der Nebenzelle vorgewölbte Rückenwand ist nur in ihrer Mitte dünnwandig, nach oben und nach unten nimmt die Dicke ihrer Membran konstant zu. Dasselbe Verhalten zeigt die Bauchwand; sie ist mit ihrer dünnen Mitte — die dicke Zelluloseleiste der Spaltöffnungen der Blattfiedern fehlt hier vollständig — gegen die Spalte vorgekrümmt; ihre beiden Verdickungsleisten bilden ein äußeres und ein inneres Cuticularhörnchen. Der Porus zeigt die gewöhnliche Differenzierung in Vorhof, Zentralspalte und Hinterhof; der Kontur des Porus ist glatt, nur selten erscheint der Vorhof an der Übergangsstelle in die Zentralspalte durch feine Cuticularleisten zart gezähnelt. An den Nebenzellen ist ein äußeres und ein inneres Hautgelenk entwickelt. Die Sklerenchymzellen, welche an die Nebenzellen grenzen, haben gewöhnlich bedeutend dickere, reich getüpfelte Wände (Fig. 10 und 11). Die durch die Einsenkung bedingte äußere Atemhöhle enthält keine Wachseinlagerungen.

Die Spaltöffnungen der Hochblätter sind demnach, wie sich aus der Beschreibung ergibt, nach jenem bei Phanerogamen so verbreiteten Typus gebaut, bei dem das Öffnen und Schließen durch entsprechende Krümmungen der Bauchwand ausgeführt wird. Es ist einleuchtend, daß hier ein so vollkommener Verschluß der Ausführungsgänge des Durchlüftungssystems wie bei den Blattfiedern nicht erfolgen kann. Es ist aber auch ohneweiters verständlich, daß die Pflanze auf die kompliziertere Ausbildung der Spaltöffnungen bei den Hochblättern verzichten kann. Die Infloreszenzen ragen ja nur mäßig über das Wasserniveau hervor und werden zu Mittag, der Zeit der stärksten Insolation, durch den Schatten der über ihnen

sich ausbreitenden mächtigen Fiederblätter hinreichend gegen direktes Sonnenlicht geschützt; überdies haben sie eine relativ kurze Lebensdauer und ihr eventueller Verlust durch Vertrocknung dürfte höchstens die Infloreszenz in Mitleidenschaft ziehen, keineswegs aber die ganze Pflanze.

Außer den Spaltöffnungen treten sowohl in der unteren wie in der oberen Epidermis der Laub- und Hochblätter häufig Zellgruppen auf, welche in der Oberflächenansicht und im Querschnitte vollständig Spaltöffnungen gleichen, von den typischen Spaltöffnungen der Blattunterseite aber schon durch ihre geringe, dabei jedoch annähernd konstante Größe auf den ersten Blick gänzlich abweichen. An den Blattfiedern sind die Gebilde auf beiden Oberflächen gleich gebaut, an den Hochblättern dagegen weichen die der Oberseite beträchtlich von denen der Unterseite ab und der Bau beider Arten ist wieder verschieden von dem, der den Gebilden der Blattfiedern zukommt.

An den Blattfiedern liegen die Gebilde (Fig. 4 bis 8) eingesenkt in der Epidermis und setzen sich aus zwei Schwesterzellen zusammen, deren Trennungswand in der Längsrichtung der Fieder steht. Die Sklerenchymschicht zieht sich ohne Unterbrechung unter den Gebilden fort, zeigt aber meistens, entsprechend deren Einsenkung, eine mehr minder tiefe Ausbiegung nach unten zu; das Wassergewebe erscheint häufig dadurch unterbrochen, daß eine Sklerenchymzelle bis zur ersten Schichte des unverändert bleibenden Palisadengewebes, beziehungsweise Schwammparenchyms reicht. Das Querschnittsbild des Apparates selbst ist folgendes: Die beiden Zellen sind voneinander durch eine zentrale Spalte getrennt, welche in ihrer Ausdehnung etwa der halben Länge des Apparates entspricht. Die Wände, besonders die Außenwand, sind mehr minder dick, bloß die beiden nicht gespaltenen Enden der gemeinsamen Längswand erscheinen verhältnismäßig dünn. Von einer Differenzierung der Spalte in Vorhof, Zentralspalte und Hinterhof ist nur hie und da eine schwache Andeutung vorhanden. Ebenso erweitert sich die Spalte nur ganz ausnahmsweise nach unten zu zu einer Art rudimentärer Atemhöhle (Fig. 5). Häufig ist dagegen der in Fig. 6 dargestellte Fall, daß eine unter der Spalte liegende Sklerenchymzelle mit ihrer Membran weit hinauf in den Spalt

reicht und ihn wie ein Keil verstopft. Die Außenwand sowie die Bauchwand der beiden Zellen ist stark cutinisiert; die Cutinisierung greift aber auch als schmal keilförmig auslaufende Platte über die ganze Rückenwand bis zur Sklerenchymzelle über und ebenso setzt sich die Cuticula der Bauchwände auf die den Spalt begrenzenden Wände der Sklerenchymzellen fort, so daß der ganze Hohlraum durch eine cutinisierte Membranschicht abgeschlossen erscheint (Fig. 5). Der Hohlraum, welcher einer äußeren Atemhöhle entspricht, wird wie bei den typischen Spaltöffnungen vollständig von einer scheinbar wachsartigen Masse ausgefüllt, welche bei Erwärmung schmilzt, aber in Chloroform und Äther unlöslich ist. Diese Substanz setzt sich häufig bis in den Spaltraum fort. Sie besitzt eine gelblichweiße Färbung, enthält stark lichtbrechende Körnchen und Stäbchen und wird überdies von einer Anzahl von Sprüngen und Rissen durchsetzt; mit Jod und Schwefelsäure bleibt sie ungefärbt oder nimmt höchstens eine schwach gelbliche Farbe an, Alkannatinktur verleiht ihr eine schwach rote, Cyaninlösung eine schwach blaue Färbung. Soweit es sich aus dem konservierten Material erschließen läßt, besitzen die beiden Zellen lebenden Inhalt. Stärke konnte in ihnen und, wie gleich hier bemerkt werden mag, auch im Inhalte der Apparate der Hochblätter in keinem Falle nachgewiesen werden. Umgeben wird jedes Gebilde von vier, seltener von fünf bis sieben Epidermiszellen, welche in ihrer Ausbildung den Nebenzellen der gewöhnlichen Spaltöffnungen entsprechen, aber kein Hautgelenk aufweisen.

Ähnlich, aber doch in manchen Punkten abweichend gebaut sind die Gebilde auf der Unterseite der Hochblätter (Fig. 12 und 13). Sie sind tiefer eingesenkt; die Grube jedoch, in der sie liegen, wird von keiner Verschlußmasse ausgefüllt. Die Rückenwand der beiden Zellen ist dünn und nur mäßig gekrümmt oder gerade, die Bauchwand in der Mitte unverdickt, mit äußerem und innerem Cuticularhörnchen. Die zwischen den Zellen vorhandene Spalte entspricht dem Porus einer ganz oder nahezu ganz verschlossenen Spaltöffnung mit schmalem Vor- und Hinterhof. Eine innere Atemhöhle ist deutlich entwickelt; die Membranen der sie auskleidenden Zellen sind dünn oder nur wenig verdickt. Wie bei den normalen Spaltöffnungen des

Hochblattes sind auch hier die Sklerenchymzellen der nächsten Umgebung alle oder zum Teile dickwandiger und reich getüpfelt.

Ganz anders nehmen sich die fraglichen Gebilde in der oberen Epidermis des Hochblattes aus (Fig. 14 bis 17), wo sie überaus reichlich auftreten. Sie liegen im Niveau der Epidermis, doch mit ihrem Außenkontur etwas unterhalb der Cuticularlinie der übrigen Epidermiszellen. Von oben betrachtet gleichen sie vollständig Wasserspalten mit großer runder oder elliptischer Öffnung (Fig. 16 und 17); die Rückenwände erscheinen nicht selten wellig verbogen. Nebenzellen sind ebenso häufig zu beobachten wie sie gänzlich fehlen können. Querschnittsbilder lassen folgende Details erkennen. Die Rückenwand ist relativ dünn, ohne Verdickungsleisten. Die Bauchwand erscheint meist schwach vorgewölbt; die beiden Verdickungsleisten, die von ihrer dünnen Mitte ausgehen, sind auffallend schwach, ihre Dicke ist mehrmals geringer als die Außenwand der gewöhnlichen Epidermiszellen. Die Cuticula, welche die Bauchwand abgrenzt, ist sehr dünn und springt oben und unten zu je einem winzigen Hörnchen vor. Die Spalte mündet unten in eine meist geräumige Atemhöhle aus.

Wenn auch infolge Mangels an entsprechendem Material entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen nicht möglich waren, so kann es doch keinem Zweifel unterliegen, daß alle drei Kategorien der geschilderten epidermalen Gebilde phylogenetisch sich von Spaltöffnungen ableiten.[1] Es ist wohl nicht anzunehmen, daß sie derzeit nur mehr rudimentäre funktionslose Spaltöffnungen darstellen; dagegen spricht schon ihr massenhaftes Vorkommen besonders in der oberen Epidermis. Sehr wahrscheinlich erscheint vielmehr die Annahme, daß die Gebilde Wasserspalten sind, die frühzeitig an den jungen Blättern in Aktion treten und bald, vielleicht schon lange vor Beendigung des Wachstums der Blattorgane, ihre Tätigkeit einstellen. Dann müssen naturgemäß Vorrichtungen getroffen werden, die schädlichen Wirkungen zu paralysieren, die sich aus dem Offenbleiben der Spalte, der Eingangspforte in das Blattinnere, ergeben können. An den

[1] An der oberen Hochblattepidermis wurden in einigen wenigen Fällen entsprechende Übergänge gefunden, wie einen solchen Fig. 19 darstellt.

kurzlebigen Hochblättern genügt es zu diesem Zwecke, daß der unter der Spalte gelegene Interzellularraum von lückenlos zusammenschließenden Zellen abgegrenzt wird; an der exponierteren Außenseite sind überdies die Wasserspalten eingesenkt und mit schmalem Ausführungskanal versehen, Einrichtungen, welche an der hinreichend geschützten Innenseite entbehrlich sind. Möglichst vollkommen müssen dagegen die funktionslos gewordenen Spalten an den Fiederblättern gegen das Blattinnere abgeschlossen werden. Deshalb finden wir, daß die Spalte meist direkt durch eine Sklerenchymzelle abgeschnitten wird, nur ausnahmsweise in einen kleinen Interzellularraum ausmündet; häufig verstopft die Sklerenchymzelle durch ihre Membran einen großen Teil der Spalte selbst. Rückenwand und Bauchwand sind stark cutinisiert, und von der Bauchwand aus greift die Cutinisierung auf die ganze Membranpartie der subepidermalen Zelle über, welche den Spalt unten abschließt. Der ganze Apparat selbst ist eingesenkt, und die Grube, in der er liegt, wird vollständig durch eine äußeren Einflüssen gegenüber sehr widerstandsfähige Masse verstopft.

Arenga saccharifera.[1]

Taf. II.

Die Blattfiedern der Gomutipalme erscheinen oberseits dunkelgrün, unterseits schmutzigweiß gefärbt. Die Ursache der Färbung der Unterseite bildet vom biologischen Standpunkt aus den interessantesten Teil der Ergebnisse der anatomischen Untersuchung und wird deshalb eingehender zu besprechen sein. Vorerst sei aber in Kürze der anatomische Bau der Fieder überhaupt geschildert.

Das Querschnittsbild zeigt in der Reihenfolge von oben nach unten folgende Gewebe: obere Epidermis, zweischichtiges Hypoderm, in Palisadengewebe und Schwammparenchym differenziertes grünes Mesophyll, in welchem Gefäßbündel, Raphidenschläuche und isolierte, aus ein bis wenigen Zellen zusammen-

[1] Das Untersuchungsmaterial stammte aus dem botanischen Garten in Graz.

gesetzte Bastbündel liegen, einschichtiges Hypoderm und untere Epidermis. Die Zellen der oberen Epidermis sind von oben betrachtet isodiametrisch bis mäßig gestreckt und zu geraden Längsreihen angeordnet, deren Querwände aber im Gegensatze zu *Nipa* meist sehr schief stehen. Auffallend ist die Erscheinung, daß die Zellen, welche über den Längsgrenzen der ersten Hypodermschicht lagern, durchschnittlich breiter und mehr isodiametrisch sind; dementsprechend treten zweierlei Arten von Längsreihen hervor, solche mit breiten Zellen, welche isoliert verlaufen, und Längsreihen mit schmalen Zellen, welche zu zwei bis vier nebeneinander liegen. Am Querschnitt erscheinen die Epidermiszellen so hoch oder wenig höher als breit; die Außenwand ist ziemlich dick, etwas schwächere in collenchymatischer Ausbildung auftretende Verdickung zeigen die Seitenwände und die Innenwand; die Cuticularschicht der Außenwand greift auf die Seitenwände über und geht bis zu der unverdickten Partie derselben. Spaltöffnungen treten in der oberen Epidermis nur sporadisch auf, am häufigsten am Blattrand; ebenso sind Trichome nur in spärlicher Zahl vorhanden. Das obere Hypoderm ist zweischichtig. Die an die Epidermis grenzende Zellage stimmt in Bezug auf Anordnung, Größe und Dickwandigkeit der Zellen mit dem Sklerenchym der *Nipa*-Fiedern überein, unterscheidet sich aber wesentlich dadurch, daß die Wände ganz unverholzt sind und weniger reiche Tüpfelbildung aufweisen, ferner erscheinen an Oberflächenschnitten die kurzen Längswände dünnwandiger als die breiten Querwände. Die untere etwas chlorophyllhältige Zellage, welche ausschließlich den Charakter eines Wassergewebes darbietet, zeigt an Oberflächenschnitten die gleiche Ausbildung und Gruppierung der Zellen wie die obere Schichte, nur sind die Wände bedeutend dünner; im Querschnitte wölben sich die Zellen stark gegen das Mesophyll vor. Das Palisadengewebe ist ein- bis zwei-, hie und da auch dreischichtig; stellenweise durchbricht es das Wassergewebe und grenzt unmittelbar an die obere Hypoderm-Zellage. Das Schwammparenchym ist vier bis fünf Zellagen hoch; die Abgrenzung gegen das Palisadengewebe ist nicht immer sehr scharf. Das untere Hypoderm setzt sich aus einer einzigen Zellschicht zusammen, die im

wesentlichen mit der ersten Schicht des oberen Hypoderms übereinstimmt. Die Zellen der unteren Epidermis erscheinen an Oberflächenschnitten größtenteils längsgestreckt und bedeutend länger als die der oberen Epidermis; wegen der dicken und seicht getüpfelten Radialwände ähneln sie hier Endospermzellen. Querschnitte ergeben, daß die Zellen niedriger sind als an der oberen Epidermis und daß die Innenwand im allgemeinen ebenso dick oder noch etwas dicker ist als die Außenwand. Spaltöffnungen treten in sehr großer Anzahl, auf und ebenso ist eine reichliche Trichomentwicklung vorhanden. Die größeren Gefäßbündel werden beiderseits von je einer starken Bastrippe umscheidet; die Lücke zwischen dem oberen und unteren Bastbelag füllen dickwandige, reich getüpfelte Sklerenchymzellen aus. Im Palisadengewebe liegen zerstreut große Raphidenschläuche, sie sind in der Längsrichtung der Fieder gestreckt und dementsprechend ist auch die Orientierung der Längsachse ihres Kristallbündels. Sowohl das Palisadengewebe wie das Schwammparenchym durchsetzen der Länge nach zahlreiche isolierte Bastbündel, welche bloß eine Zellage lang sind und aus einigen wenigen oder häufig überhaupt nur aus einer einzigen Zelle bestehen; die einzelne Bastzelle ist verhältnismäßig sehr kurz und durch dünne Querwände gefächert; ihr Lumen erscheint mit Ausnahme der verschmälerten Enden mehrmals breiter als die Dicke der unverholzten Längswände.

Treten wir nun der Frage näher, wodurch die weiße Färbung der Blattunterseite bedingt wird. Bei oberflächlicher Betrachtung, selbst beim Gebrauch einer guten Lupe, kann man leicht zu der Meinung gelangen, es komme hier ein dichter Wachsüberzug vor. Dies ist aber durchaus nicht der Fall, es handelt sich vielmehr um einen eigentümlich zusammengesetzten dünnen Haarfilz, der gleichmäßig die Unterseite der Blattfiedern überzieht und wegen des Luftgehaltes seiner Zellen sie weiß gefärbt erscheinen läßt. Dieser Haarfilz steht in engem Zusammenhange mit dem Transpirationsschutze und es ist deshalb nötig, zuerst den Bau des Spaltöffnungsapparates kennen zu lernen.

Die äußerst zahlreichen Spaltöffnungen liegen direkt im Niveau der Epidermis oder sind höchstens kaum merklich

eingesenkt. Nebenzellen sind nur zwei vorhanden; sie liegen seitlich an den Schließzellen und führen wie diese Chloroplaste. Das Querschnittsbild der Spaltöffnung ist folgendes (Fig. 5): Die stark gekrümmte Rückenwand der Schließzellen ist unverdickt, ebenso die Mitte der Bauchwand; ein schmaler Vor- und Hinterhof ist wohl entwickelt. Die Cutinisierung der Außenseite der Bauchwand geht in die Atemhöhle hinein bis zur Grenze zwischen Schließ- und Nebenzelle; die steil aufstrebenden äußeren Cuticularhörnchen erscheinen an der Eisodialöffnung durch vorspringende Leisten zart quergerippt, ebenso bisweilen die inneren Hörnchen an der Opisthialöffnung. Die Nebenzellen sind etwas höher als die Schließzellen, ihr Lumen zeigt wegen der stark sich vorwölbenden Rückenwand der zugehörigen Schließzelle eine herzförmige Gestalt; Hautgelenkbildung fehlt.

Wie sich aus dieser Beschreibung ergibt, gehören die Spaltöffnungen des *Arenga*-Blattes einem der gewöhnlichsten Typen einer hygrophilen Pflanze an; ihr Bau ist ein verhältnismäßig einfacher und nicht darauf eingerichtet, übermäßig gesteigerte Transpiration zu verhindern. Nun ist aber *Arenga* durchaus nicht eine Schattenpflanze, sondern ein stattlicher Baum, dessen mächtige Blätter der direkten Bestrahlung durch die Tropensonne ohne Schaden standhalten. Das wird nur dadurch ermöglicht, daß die transpirierende Unterseite von einer zusammenhängenden Haardecke überzogen wird, welche durch ihre besondere Ausbildung eine übermäßige Wasserabgabe seitens des Blattes so gut wie ausschließt. Die Haardecke liegt eng angepreßt der Oberseite an und verdankt ihre Entstehung zahlreichen Schildhaaren eigentümlichen Baues. Jedes Schildhaar setzt sich aus mehreren bis vielen Fußzellen zusammen, welche mit ihrer Basis im Niveau des inneren Konturs der Epidermis liegen, aber meist mindestens noch einmal so hoch sind als die Epidermiszellen und diese dementsprechend überragen (Fig. 3 und 4); von oben betrachtet erscheint das Fußstück als kreisförmige bis stark in die Länge verzogene elliptische Zellscheibe (Fig. 1 und 2). Die Außenzellen haben durchwegs sklerenchymatischen Charakter, die Innenzellen sind meist dünnwandig; nicht selten sind auch einzelne oder auch alle das Haar begrenzende Epidermis-

zellen sklerenchymatisch ausgebildet, und zeigt sich die gleiche Erscheinung auch an der unter dem Fußstücke des Haares gelegenen Hypodermzelle. Die Fußzellen sind am ausgewachsenen Blatt alle abgestorben; die unverdickt gebliebenen Innenzellen sind mit einem braunroten Inhalt erfüllt, die sklerenchymatisch entwickelten Membranen haben zahlreiche Tüpfel und erweisen sich als stark verholzt. Der Schild des Haares ist eine in der Mitte mehrschichtige, vielzellige, in der Längsrichtung der Fieder gestreckte Fläche, deren Randzellen oft schlauchförmig verlängert, gekrümmt und verästelt sind. Am ausgewachsenen Blatt ist es absolut nicht möglich, die Grenzen zwischen den einzelnen Schilden auseinander zu halten, da in die Ausbuchtungen des Randes eines Schildes sich die Randzellen der angrenzenden Schilde verkeilen und so ein inniger, fast lückenloser Zusammenhalt hergestellt wird. Am merkwürdigsten ist jedoch die zusammenhängende Schilddecke auf ihrer Unterseite gebaut. Hier sind zahlreiche Schläuche entwickelt, die dicht gedrängt beisammenstehen, reich gelappt sind und mit den Läppchen meist vollständig ineinander verzahnt erscheinen. Der so gebildete Filz liegt fest angepreßt der Epidermis an und schmiegt sich genau dem Kontur der Cuticula an; seine Membranen sind mehr minder verdickt und stark verholzt, während die oberen Wände der Schilddecke dünnwandig und unverholzt bleiben und stark zerknittert oder auch zum Teile gänzlich zerstört erscheinen. Leider war es aus Mangel an entsprechend jungen Blättern nicht möglich, die Entstehung der Haardecke entwicklungsgeschichtlich zu verfolgen; das, was hier über die Zusammensetzung des fertigen Gebildes gesagt ist, wurde durch eingehende Vergleichung von Querschnitts- und Oberflächenansichten erschlossen, und es muß künftigen Untersuchungen vorbehalten bleiben, ein vollständigeres Bild der Ontogenese zu liefern. Die aus den Haftläppchen gebildete Filzdecke beginnt schon am oberen Ende des Schildfußes und überzieht gleichmäßig die ganze Epidermis samt den Spaltöffnungen. Dadurch, daß die Außenwand der Oberhautzellen sich konvex vorwölbt, wird eine Verzahnung des Filzes mit der Epidermisoberfläche ermöglicht. Dies tritt besonders deutlich zutage, wenn an Querschnitten, wie es häufig geschieht,

die Filzdecke von der Oberhaut etwas abgehoben wird; die durchschnittene Filzdecke erscheint dann an ihrer Basis als Spiegelbild des Außenkonturs der Epidermis (Fig. 5). Interessant ist die Verankerung des Haarfilzes an den Spaltöffnungen selbst. Der Spaltöffnungsapparat wird gewöhnlich von vier von den übrigen Epidermiszellen etwas abweichend gebauten Zellen umgeben: zwei kurzen Polzellen und zwei gestreckten Seitenzellen. Die Polzellen haben ganz allgemein an der dem Spaltöffnungsapparate zugewandten Kante zwei Papillen entwickelt, welche schief über die Spaltöffnung neigen (Fig. 18) Solche Papillen können aber auch an allen Ecken, an denen die Polzelle mit zwei Epidermiszellen zusammenstoßt, auftreten; die Polzellen erscheinen dann, bei hoher Einstellung der Oberflächenansicht, in verschiedener Weise gelappt, an entsprechenden Querschnitten weisen sie die in Fig. 6 und 7 dargestellte Gestalt auf. Auch die Seitenzellen entwickeln häufig an der Grenze der Nebenzellen Papillen, welche über die Spaltöffnung neigen. Die Papillen sind gewöhnlich mit deutlichem Lumen versehen, können aber auch, wenn sie kleiner sind, bloße Membranvorsprünge darstellen. Durch alle diese papillösen Bildungen wird die Umgebung der Spaltöffnung rauh gemacht und bewirkt, daß der Kontakt des Haarfilzes an den wasserabgebenden Punkten ein besonders inniger ist. Hiezu gesellt sich noch als eine weitere Anpassung die Erscheinung, daß die Membranen des Haarfilzes gerade über den Spaltöffnungen viel dicker sind als über den gewöhnlichen Oberhautzellen; man kann deshalb, wenn man eine größere Partie der Schilddecke ablöst und ihre Oberflächenansicht mikroskopisch untersucht, ohneweiters die Stellen auffinden, an denen sich Spaltöffnungen befunden haben; behandelt man mit Phloroglucin und Salzsäure, so treten solche Stellen durch ihre intensivere Färbung um so auffälliger hervor. Daß die papillösen Vorwölbungen der die Spaltöffnung umgebenden Epidermiszellen in inniger Wechselbeziehung zu der biologischen Bedeutung des Haarfilzes stehen, lehren uns die Spaltöffnungen, welche des Schutzes der geschilderten Haardecke entbehren, wie auf der Hauptrippe der Fieder und auf der Blattspindel; hier fehlen die Papillen vollständig.

Die Schildhaardecke kommt nicht bloß *Arenga saccharifera* zu, sondern dürfte sich bei allen Arten der Gattung wiederfinden; beobachtet wurde sie in ganz gleicher Ausbildung wie bei *Arenga saccharifera* bei einer unbestimmten *Arenga*-Art, von welcher sich einige Fiedern unter dem von Prof. Haberlandt aus Java mitgebrachten Alkoholmaterial fanden.[1] Da die Zellen im ausgewachsenen Zustand insgesamt abgestorben sind und Luft enthalten, so verleihen sie der Fiederunterseite eine eigentümliche grauweiße Farbe. Bemerkenswert ist die Erscheinung, daß die Fieder auch nach wochenlangem Verweilen in Wasser ihre weiße Färbung nicht verliert; die Membran der Zellen muß also für flüssiges Wasser sehr schwer permeabel sein.

Auf der unterseits vorspringenden Mittelrippe der Fiedern ist der Haarfilz ebenfalls entwickelt, aber viel lockerer gebaut. Die Zellen der Oberseite der Schildhaare sind dickwandig und stark gebräunt, so daß die Rippe durch sie schwärzlich gefärbt erscheint; auf älteren Blättern schilfert sich diese dickwandige, dunkelgefärbte Partie der Schildhaare leicht ab und es bleibt dann nur mehr der dünne, vielfach unterbrochene Filz der Unterseite übrig. Auch auf der Spindel des Blattes finden sich derartige Schildhaare zahlreich vor (Fig. 8). Ebenso treten sie zerstreut auf der Fiederoberseite auf, besitzen aber hier nur einen einfachen gebräunten Schild; nur am Rande der Fiederoberseite, wo auch Spaltöffnungen in großer Zahl auftreten, ist ein rudimentärer Filzüberzug zu beobachten.

Anhangsweise mögen hier einige Beobachtungen angeführt werden, welche an den Spaltöffnungen der Mittelrippe und der Blattspindel gemacht worden sind. Neben normal ausgebildeten Spaltöffnungen, denen nur die Papillenbildung der Umgebungszellen abgeht (Fig. 9 und 10), kommen solche vor, die auf verschiedener Stufe der Entwicklung stehen geblieben sind (Fig. 11 bis 17). Auf jüngeren Blättern, deren Fiedern noch nicht aus-

---

[1] Im anatomischen Bau ihrer Fiedern stimmt diese *Arenga* sp. prinzipiell mit *Arenga saccharifera* überein; das obere Hypoderm ist aber nur einschichtig, seinem Baue nach im wesentlichen mit der ersten Schichte der *Arenga saccharifera* übereinstimmend, und das Schwammparenchym setzt sich größtenteils aus drei Zellagen zusammen, weshalb die Fieder bedeutend dünner ist als bei *Arenga saccharifera*; Raphidenschläuche wurden nicht beobachtet.

gebreitet sind, zeigen solche Spaltöffnungen keine Besonderheiten in ihrer Ausbildung, da sie um diese Zeit hinreichend durch die noch dicht beisammenstehenden einfachen Schildhaare geschützt werden. Ihre Größe ist sehr verschieden (Fig. 11, 12, 13, 16) und ebenso schwankend sind andere Ausbildungsverhältnisse: Die Schließzellen können schwach eingesenkt sein oder gänzlich im Niveau der Oberhautzellen liegen, Nebenzellen sind vorhanden oder fehlen u. s. w. An ausgewachsenen Blättern sind die infolge des Abbrechens der Haarschilde nunmehr unbedeckten Spaltöffnungen wesentlich verändert. Die Bauchwände sind fest zusammengepreßt, so daß die früher meist deutlich in Vor- und Hinterhof geschiedene Spalte ganz verschlossen ist, und gleichzeitig mehr oder weniger stark verdickt; an den kleinen Spaltöffnungen, welche die häufigsten sind, geht die Verdickung oft so weit, daß das Lumen nur mehr spaltenförmig erscheint. Meist noch früher, bevor die Verdickung der Bauchwände begonnen hat, fangen auch einzelne oder auch alle die Epidermiszellen, welche die Spaltöffnung umgrenzen, an, ihre Membranen zu verdicken und werden schließlich zu Sklerenchymzellen (Fig. 12, 14, 15, 17). So werden die Spaltöffnungen, die sonst wegen ihrer Funktionsunfähigkeit gefährliche Eingangspforten in das Organinnere darstellen würden, in äußerst zweckmäßiger Weise unschädlich gemacht.

Ceroxylon andicola.[1]

Taf. III.

In Drude's Bearbeitung der Palmen in den »Natürlichen Pflanzenfamilien« findet sich in dem Bestimmungsschlüssel für die Iriarteen-Gattungen bezüglich *Ceroxylon* und *Juania* die Stelle: »Blattfiedern . . . unterseits von Wachsüberzug weiß.« Dies ist nicht zutreffend; die weiße Färbung beruht vielmehr auf derselben Ursache wie bei *Arenga saccharifera* und dient auch bei der Wachspalme derselben Funktion, dem Transspirationsschutze. Die Fiedern von *Ceroxylon* sind dadurch

---

[1] Das Untersuchungsmaterial stammte aus dem botanischen Garten in Graz.

ausgezeichnet, daß sie auf ihrer Unterseite zahlreiche durchgehende Längsfurchen besitzen, welche ausschließlich unter den Gefäßbündeln liegen. Äußerlich sind diese Längsfurchen nicht wahrnehmbar, fallen aber um so mehr bei mikroskopischer Betrachtung eines Querschnittes auf, der schon bei Lupenbesichtigung auf seiner Unterseite fein gekerbt erscheint. Die Fiederspreite weist in den Hauptzügen folgenden anatomischen Bau auf (Fig. 4). Die Zellen der oberen Epidermis entsprechen in ihrer Ausbildung so ziemlich denen von *Nipa fruticans*, nur zeigen die Längswände der Oberflächenansicht Wellung. Unter der Epidermis befindet sich eine teils ein-, teils zwei-, hie und da auch mehrschichtige Bastlage. Die parallel der Längsrichtung der Spreite orientierten Bastzellen sind ziemlich lang und besitzen nur ein punktförmiges Lumen mit Ausnahme der Mitte, wo der Durchmesser des Lumens dem der Wanddicke gleichkommt, sofort aber nach den beiden Enden hin sehr rasch abfällt; die Wand besteht aus reiner Zellulose. Die Bastzellage wird sowohl an ihrer Grenze gegen die Epidermis wie in ihrem Zusammenhange vielfach von Längszügen zweierlei Zellen unterbrochen; besonders häufig und oft auf bedeutende Strecken hin konstant ist diese Unterbrechung an den Seitenwänden der Epidermiszellen. Die Zellenzüge verlaufen meist isoliert voneinander, bestehen also auf Querschnitten nur aus einer Zelle; seltener liegen sie zu zwei bis drei nebeneinander und nur ausnahmsweise übereinander. An Querschnitten erscheinen die Zellen annähernd gleich groß und können deshalb an Glyzerinpräparaten leicht miteinander verwechselt werden; an Längs- und Oberflächenschnitten erkennt man dagegen sofort, daß sie zwei verschiedenen Kategorien angehören. Die einen sind Deckzellen, die andern stellen gestreckte Parenchymzellen dar, die, wenn sie zu zwei oder drei nebeneinander liegen, an den gemeinsamen Längswänden eigentümliche knötchenförmige Verdickungen aufweisen. Die Züge der beiderlei Zellen sind nicht räumlich voneinander getrennt, sondern wechseln in der Längsrichtung miteinander ab. Das Palisadengewebe ist zweischichtig. Das Schwammparenchym setzt sich meist aus vier Zellagen zusammen, da die Palisadenzellen, namentlich die der unteren Schicht, in der

Breite wie auch in der Größe überhaupt stark wechseln, so ist die Grenze zwischen den beiden Geweben an Querschnitten oft gar nicht ausgeprägt, tritt dagegen gewöhnlich scharf hervor an Längsschnitten, wo die Schwammparenchymzellen isodiametrisch oder quergestreckt erscheinen und an den Kanten durch größere Interzellularräume voneinander getrennt sind. In der Grenze der beiden Palisadenschichten treten vereinzelt isolierte Bastzellen auf, meist eine, seltener zu zweien, von demselben Charakter wie die der subepidermalen Bastlage; an der untersten Schwammparenchymschicht sind hie und da einzelne Zellen sklerenchymatisch ausgebildet. An das Schwammparenchym schließt eine untere subepidermale Bastlage an, die aber ebenso viele Unterbrechungen aufweist, als Furchen vorhanden sind; sie entspricht ihrem Baue nach genau dem oberen Bast, wird aber von bedeutend weniger Zügen von Deck- und Parenchymzellen begleitet. Die Zellen der unteren Oberhaut sind bedeutend niedriger und schmäler, aber viel länger als die der oberen Epidermis; die Außenwand springt konvex vor.

Den interessantesten Teil der Anatomie der *Ceroxylon*-Fieder repräsentieren die am Querschnitt als Gruben erscheinenden Längsfurchen unterhalb der Gefäßbündel; in den Furchen allein treten Spaltöffnungen und Schildhaare auf, außerhalb der Furchen besteht die Epidermis nur aus einheitlich gebauten gewöhnlichen Oberhautzellen. Der Grund der Furche ist so weit gegen das Gefäßbündel vorgerückt, daß zwischen seiner Epidermis und dem ein- bis zweischichtigen Bastbeleg des Leptoms eine einzige Schicht von bald dünn-, bald dickwandigen Zellen liegt; die Tiefe der Furchen variiert im übrigen nicht unbeträchtlich; unter den kleinsten Gefäßbündeln sind die Furchen nicht selten ganz seicht. Auf den beiden Böschungen der Furche liegen in je einer Längsreihe die Spaltöffnungen. Der Spaltöffnungsapparat entspricht mit einigen Modifikationen dem von *Arenga saccharifera*. Die Schließzellen haben annähernd dieselbe Größe und Ausbildung wie bei der genannten Palme, nur sind die äußeren Cuticularhörnchen nicht so steil aufgerichtet (Fig. 1). Umgeben werden die Schließzellen von zwei Neben- und zwei Polzellen, welche sich alle mäßig über die Schließzellen vorwölben und so eine seichte äußere Atem-

höhle bilden. Die Nebenzellen enthalten keine Chloroplaste; ihre Außenwand besitzt an der Schließzellengrenze eine stärkere Zelluloseauflagerung, welche ziemlich weit auch auf die Rückenwand der Schließzelle übergreift. Am Grunde der Furche finden sich, zu einer einzigen Längsreihe angeordnet, in größeren Abständen hintereinander die Insertionsstellen gestielter Schildhaare. Der Stiel ist in der Richtung der Furche häufig etwas schief geneigt und ragt über die Furche hinaus; er stellt einen aus Sklerenchymzellen zusammengesetzten Gewebekörper dar (Fig. 2). Der Schild ist eine im zentralen Teile mehrschichtige, längsgestreckte Zellfläche (Fig. 3), welche die Furche überdeckt und seitlich von ihr auf den nicht eingesenkten Teil der Unterseite übergreift. Wie bei *Arenga saccharifera* ist es auch hier nicht möglich, an der ausgewachsenen Fieder die Grenzen der einzelnen Schilde wahrzunehmen, da die Schildfläche eines bestimmten Haares mit ihrem Rande sowohl an die Schilde der beiden nächsten Haare derselben Furche wie auch seitlich an die der zwei Nachbarfurchen anstößt und die sich berührenden Ränder mit ihren schlauchförmig ausgewachsenen Enden miteinander verfilzt sind; auch auf der Unterseite der Schilddecke, namentlich in der Furche, wachsen die Zellen zu Schläuchen aus, welche sich hin und her krümmen und verfilzen. So entsteht eine zusammenhängende Schutzdecke über der Epidermis, die allerdings in ihrer Ausbildung nicht so weit vorgeschritten erscheint wie bei *Arenga saccharifera* und der namentlich die Haftlappenbildung und die damit im Zusammenhange stehende festere Anheftung an die Epidermis abgeht; immerhin erscheint sie vollständig ausreichend, das Überschreiten eines für das Blatt gerade noch zulässigen Transpirationsmaximums zu verhindern, zumal da den Spaltöffnungen schon durch ihre Versenkung in eine Furche ein gewisser Schutz geboten ist. Die Zellen der Schilddecke sind am entwickelten Blatt alle abgestorben und lufthaltig; die deshalb weiß erscheinende Fiederseite behält ganz wie bei *Arenga saccharifera* auch bei längerem Liegen im Wasser ihre Färbung. Die Zellwände des Schildes sind mit Ausnahme des Mittelstückes dünnwandig (Fig. 3) und ebenso wie die Wandungen der Stielzellen verholzt.

Cocos nucifera.[1]

Taf. III, Fig. 5; Taf. IV, Fig. 1 und 2.

Daß die Blätter der Kokospalme darauf eingerichtet sind, plötzlich gesteigerter übermäßiger Transpiration zu begegnen, ist bereits von Haberlandt beobachtet worden, welcher sich über die Anatomie der Blattfieder folgendermaßen äußert:[2] »Der anatomische Bau der Fiederblattspreiten weist auf ausgiebigen Transpirationsschutz hin. Die Epidermis besitzt sehr stark verdickte Außenwände und einen krustenförmigen Wachsüberzug. Darunter befindet sich oberseits ein zweischichtiges Wassergewebe, dessen untere Zellage papillös in das Palisadengewebe hineinragt. Das Assimilationsparenchym ist bis auf die unterste Schicht, die aus isodiametrischen Zellen besteht, als Palisadengewebe entwickelt. Das mechanische System besteht aus I-Trägern, deren obere Gurtungen von isolierten Baststrängen gebildet werden, während die unteren Gurtungen aus den Bastbelegen der Gefäßbündel bestehen. Die Spaltöffnungen, unterseits auftretend, sind sehr zahlreich und etwas eingesenkt; die Ausgänge des Vor- und Hinterhofes sind enge.«

Diesen Ausführungen Haberlandt's sei an anatomischen Details noch hinzugefügt, daß im Assimilationsgewebe, etwas unterhalb seiner Mitte, zerstreut große Raphidenschläuche auftreten und den größeren Gefäßbündeln eine meist zweischichtige Sklerenchymschiene aufsitzt, welche den Leptombastbeleg von dem einschichtigen Wassergewebe der Unterseite trennt (Fig. 2). Besonders aber möge die Aufmerksamkeit auf die eigentümlichen Schildhaare gelenkt werden, welche zerstreut auf der ganzen unteren Epidermis vorkommen. Diese Trichome sind (Fig. 1), bis auf die kurze Schildfläche, vollständig in einer tiefen Grube eingesenkt und zeigen folgenden interessanten Bau: Das Fußstück ist zwei- bis vierzellig. Die keulenförmigen Fußzellen ragen weit über das Niveau der benachbarten Epidermiszellen vor bis an den Rand der Grube, die sie vollständig ausfüllen.

---

[1] Das Untersuchungsmaterial bestand aus Blattfiedern, welche von Prof. Haberlandt in Buitenzorg auf Java gesammelt wurden.

[2] »Anatomisch-physiologische Untersuchungen über das tropische Laubblatt.« Diese Sitzungsber., Bd. CI, 1892, p. 806.

Die Membran ist unten, an den mit der Epidermis und Wassergewebszellen grenzenden Teilen, verhältnismäßig dünnwandig, sonst durchwegs bedeutend dicker ausgebildet; an der Schildgrenze ist eine besonders starke Verdickung in Form einer geschichteten Kappe entwickelt, welche bei Behandlung mit Eau de Javelle gänzlich verschwindet und wahrscheinlich eine Schleimmodifikation der Zellulose darstellt; die das Zellumen begrenzende Membranschicht nimmt bei Zusatz von Phloroglucin und Salzsäure eine schwach rötliche Färbung an. Der Inhalt der Fußzellen besteht aus dichtem, körnigem Plasma mit großem Zellkerne. Die nur tote Zellen führende Schildfläche (Taf. III, Fig. 5) hat einen kreisförmigen bis elliptischen Umriß und setzt sich zusammen aus einem derbwandigeren, größtenteils zweischichtigen Mittelstücke, dessen Zellen einen braunroten Inhalt enthalten, und aus einem zartwandigen farblosen Flügel; der einschichtige Rand des Flügels ist gelappt und erscheint an älteren Fiedern vielfach zerstört. Das Wassergewebe läuft unter dem Fuße des Schildhaares durch und fällt wie die darauffolgende nächste Schicht des Assimilationsgewebes, besonders an Längsschnitten, durch die Kleinheit seiner Zellen auf. Die Wachskruste der Epidermis zieht sich in die Grube hinunter bis an die Insertionsstelle des Haares. Über die Funktion dieser Trichome experimentell Näheres zu erfahren, war leider in Ermangelung eines lebenden Objektes nicht möglich. Da aber das Fußstück noch an alten Blättern aus lebenden, mit dichtem, körnigem Plasma erfüllten Zellen besteht, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Schildhaare Hydathoden darstellen; gegen die Annahme, daß sie wasseraufsaugende Organe sind, für welche sich eine gewisse Ähnlichkeit mit den Schuppenhaaren der Bromeliaceen anführen ließe, spricht die Erwägung, daß sie, wie es scheint, ausschließlich auf die Fiederunterseite beschränkt sind.

Chamaerops humilis.[1]

Taf. IV, Fig. 3 bis 6.

Die zwei einzigen Arten der Gattung *Chamaerops, Ch. humilis* und *macrocarpa,* sind im westlichen Mediterrangebiet ein-

[1] Das Untersuchungsmaterial stammte aus dem botanischen Garten in Graz.

heimisch.[1] Ihre Heimat gehört also jenen warmtemperierten Gebieten an, in denen die heiße Sommerszeit regenlos, der kühlere Winter dagegen regenreich ist und in denen solchen klimatischen Bedingungen entsprechend die Holzgewächse dem immergrünen xerophilen Typus angehören.[2] Es war demnach von vornherein anzunehmen, daß auch *Chamaerops humilis* ausgesprochen xerophilen Blattbau aufweisen werde und diese Annahme wurde durch die Untersuchung bestätigt. Die Fächerspreite ist ihrer anatomischen Ausbildung nach fast isolateral (Fig. 3). Beide Epidermen sind gleich gebaut und führen zahlreiche Spaltöffnungen. Die Epidermiszellen erscheinen in der Oberflächenansicht längsgestreckt, mit schwach gewellten Längswänden, im Querschnitte sind sie mehr minder quadratisch und derbwandig; die stärker verdickte Außenwand, welcher sich eine Wachskruste auflagert, ist bis auf eine schmale Innenpartie ganz cutinisiert und die Cutinisierung greift auch tief hinab auf die Seitenwände über. Auf die obere wie auf die untere Epidermis folgt einschichtiges Wassergewebe, dessen Zellen in der Gestalt und in der Wanddicke mit den Epidermiszellen ziemlich übereinstimmen; die der Epidermis und dem Wassergewebe gemeinsamen Wände nehmen bei Zusatz von Salzsäure eine intensiv gelbe Färbung an, ohne jedoch verholzt zu sein. Das grüne Mesophyll, das sich aus neun und mehr Zellagen zusammensetzt, läßt keine Differenzierung in typisches Palisadengewebe und Schwammparenchym erkennen, sondern bildet ein einheitliches Assimilationsgewebe, das durch den festen Zusammenschluß seiner Zellen auffällt; halbwegs größere Durchlüftungsräume sind nur unter den Spaltöffnungen entwickelt, sonst finden sich, allerdings reichlich und ein zusammenhängendes Netzwerk bildend, nur feine Interzellularkanäle vor. An Längsschnitten erscheint dieses Assimilationsgewebe aus regelmäßigen Querreihen von größtenteils breiten Palisadenzellen zusammengesetzt, an Querschnitten zeigen meist nur die drei obersten, zum Teil auch die untersten Zellagen Palisadenausbildung, während der Mittelteil aus mehr

---

[1] O. Drude, Palmen in den »Natürl. Pflanzenfamilien«, p. 32.

[2] A. F. W. Schimper, Pflanzengeographie, 1898, p. 538.

oder weniger isodiametrischen Zellen besteht. Die Chloroplaste wurden zu allen Zeiten stärkefrei befunden. Mechanischen Zwecken dienen isolierte subepidermale Bastbündel auf beiden Blattseiten; die der Oberseite sind zahlreicher und größer und grenzen an das Wassergewebe, während die minder zahlreichen Bündel der Blattunterseite kleiner sind und meist, das Wassergewebe unterbrechend, direkt der Epidermis anliegen. Außerdem werden die größeren Gefäßbündel beiderseits von Bastsicheln umgeben, die häufig durch Ausfüllung der beiden Mittellücken mit Sklerenchymzellen zu einem mechanischen Hohlzylinder zusammenschließen; die Zellen solcher Bastsicheln sind verholzt, während die der subepidermalen Bündel keine Verholzung zeigen. Die zahlreichen kleinen Gefäßbündel werden von großzelligen farblosen Parenchymscheiden abgeschlossen, deren Wände sich durch großen Tüpfelreichtum auszeichnen.

Der Bau der Epidermis, das Vorkommen eines Wachsüberzuges auf beiden Blattseiten und der Mangel eines Schwammparenchyms lassen bereits zur Genüge auf die Existenzbedingungen unserer Palme schließen. Vervollständigt wird die Charakterisierung der Palme als einer »sklerophyllen« Pflanze durch die Ausbildung der Spaltöffnungen. Der Spaltöffnungsapparat ist etwas eingesenkt und die so geschaffene äußere Atemhöhle wird noch durch die Wachskruste vertieft, welche als etwas erhöhter Ringwulst über der Spaltöffnung abbricht. In der Querschnittsansicht fallen die Schließzellen sofort durch die Verdickungsweise ihrer Wände auf (Fig. 4). Die stark konvexe Rückenwand ist nur an der unteren Ansatzstelle an die Nebenzelle unverdickt; die gleich darauf ansetzende Verdickungsleiste nimmt rasch an Mächtigkeit zu und setzt sich auf die Bauchwand fort, um in der Mitte dieser plötzlich abzubrechen; die nahezu gerade abgestutzte untere Hälfte der Bauchwand ist unverdickt. Die obere Hälfte der Schließzelle besteht demnach aus solider Membran, das eiförmige Lumen liegt in der unteren Hälfte an der Bauchwand. Die Zentralspalte ist etwas über der Mitte der Bauchwand gelegen und hört gerade da auf, wo das Lumen beginnt. Vor- und Hinterhof sind prägnant entwickelt. Die Abgrenzung des Hinterhofes

gegen die Atemhöhle zu findet aber nicht durch die Bauchwände der Schließzellen statt, sondern durch die herzförmigen Nebenzellen, welche mit ihrem unteren Lappen stark vorspringen und überdies knapp vor ihrem Anschluß an die Bauchwand ein Cuticularhörnchen aufweisen. Die Membran der Nebenzellen besitzt die Derbwandigkeit der gewöhnlichen Epidermis beziehungsweise der Wassergewebszellen; die schmale Außenwand fungiert in ihrer Gänze als Hautgelenk. Die Membran der Schließzellen ist bis auf eine schmale, innere, das Lumen umgrenzende Partie gänzlich cutinisiert. Diesen Bau weist die Spaltöffnung in ihrem zentralen, von der Zentralspalte durchsetzten Teil auf. Ganz anders gebaut erscheinen die beiden Polenden der Schließzellen, über die Oberflächenansichten einen klaren Aufschluß erteilen (Fig. 6). Die Zentralspalte ist nur etwa ein Fünftel so lang als die Schließzellen, also ausnehmend kurz. Etwas oberhalb der Ansatzstelle der den Schließzellen gemeinsamen dünnen Längswand beginnt das Lumen rasch sich zu erweitern und in gewisser Entfernung vor dem Ansetzen der Rückenwand an die Epidermiszelle hört die Verdickungsleiste auf. Die Rückenwand ist also an ihren beiden Flanken dünnwandig und sie ist hier auch nicht cutinisiert. Längsschnitte durch die Schließzelle ergeben, daß sie an ihren beiden Polen nach unten zu sich erweitert und das Lumen infolgedessen hantelförmig erscheint (Fig. 5). Bemerkenswert ist, daß auch die cutinisierte Außenwand der Polenden relativ dünnwandig ist. Die Schließzellen enthalten in ihren erweiterten Enden kleine Chloroplaste, die sich stets als stärkefrei erwiesen; auch die Nebenzellen sind etwas chlorophyllhältig.

Aus der gegebenen Beschreibung läßt sich ersehen, daß die Spaltöffnungen von *Chamaerops humilis* ihrem Mechanismus nach dem Gramineentypus angehören. Ihr xerophiler Baucharakter gibt sich aber dadurch kund, daß ihre Zentralspalte so auffallend klein ist und der durch die Nebenzellen abgeschlossene Hinterhof an seinem Ausgang in die Atemhöhle sich stark verengt; die Atemhöhle selbst weist kaum größere Dimensionen auf als der Hinterhof, und die Assimilationszellen, welche die Atemhöhle abschließen, lassen nur wenige

halbwegs größere Interzellularräume zwischen sich frei. Das Merkwürdigste in dem ganzen Baue der Spaltöffnung ist die Lage der Zentralspalte, die gerade über dem Niveau der Schließzellenlumina beginnt und demnach seitlich ausschließlich von dicken cutinisierten Membranen umgeben wird; diese Verschiebung der Zentralspalte nach oben zu dürfte in erster Linie den Schließzellen selbst zugute kommen, da auf diese Weise ihre Lumina, wie sich ohneweiters ergibt, einen viel besseren Transpirationsschutz erhalten, als wenn die Zentralspalte von dem in der Höhe der Lumina gelegenen Bauchwandteil gebildet würde.

Trichome kommen auf der ganzen Blattunterseite zerstreut über den größeren durchscheinenden Nerven vor, ebenso auch, aber in geringerer Menge, auf der Oberseite. Sie stellen Schuppenhaare dar, deren zartwandige Schildfläche an älteren Blättern gänzlich abgestoßen ist; ihrer Funktion nach dürften sie Schutzorgane sein, die an sehr jungen Blättern dicht beisammenstehen und namentlich die in Entwicklung begriffenen Spaltöffnungen beschützen.

Elaeis guineensis.[1]

Taf. IV, Fig. 7 bis 9.

Die Gattung *Elaeis* enthält nur zwei Arten: *E. guineensis* und *melacocca*. Von der letzteren sagt B. Seemann in seinem Buche »Die Palmen«: »Man findet sie stets an sumpfigen Schattenstellen, nie auf trockenem Boden oder an sonnigen Orten.« Der anatomische Bau der Blattfieder von *Elaeis guineensis* weist darauf hin, daß auch diese Art unter ähnlichen Existenzbedingungen vorkommen muß. Die sich etwas vorwölbenden, mäßig verdickten Außenwände der beiden Epidermen haben nur eine relativ dünne, cutinisierte Außenpartie, von der aus die Cutinisierung auch auf die Mittelpartie der Seitenwände übergreift; ein Wachsüberzug ist nicht vorhanden. Das obere Hypoderm ist zweischichtig und seiner Funktion

---

[1] Das Untersuchungsmaterial wurde von Prof. Haberlandt zu Buitenzorg auf Java gesammelt.

nach Wassergewebe mit reichem Schleiminhalte der Zellen; seine erste Lage ist lückenlos und ganz ähnlich wie bei *Arenga saccharifera* gebaut, die zweite wird vielfach von dem zweischichtigen Palisadengewebe unterbrochen und besteht aus Zellen, die papillös gegen das Mesophyll vorspringen und über den größeren Gefäßbündeln, hier derbwandiger ausgebildet, so weit gestreckt erscheinen, daß sie von dem Bastbelege des Hadroms nur durch die niedrigen Zellen einer das Bündel umschließenden chlorophyllhaltigen Scheide getrennt sind (Fig. 7). Der Bau des unteren Hypoderms entspricht dem des oberen, nur ist es etwas kleinzelliger und die zweite Schicht wird so häufig vom Schwammparenchym durchbrochen, daß sie ganz rudimentär ausgebildet erscheint. Das mehrschichtige Schwammparenchym besteht aus einer Zellage dicken, durch Lufträume gesonderten Lamellen, die quer zur Längsrichtung der Fieder stehen; da in den einzelnen Lamellen die Zellen bloß kleine, meist an den Ecken auftretende Interzellularen zwischen sich aufweisen, tritt an Querschnitten der Schwammparenchymcharakter des Gewebes gar nicht hervor, während Längs- und Oberflächenschnitte klaren Aufschluß über die reiche Entwicklung der Durchlüftungsräume erteilen. Mechanischen Schutz gewähren der Fiederspreite isolierte Bündel aus bis auf ein punktförmiges Lumen verdickten Bastzellen; diese Bastbündel erscheinen am Querschnitt in zwei Reihen angeordnet; die eine, aus großen zahlreichen Bündeln zusammengesetzt, liegt im Schwammparenchym, die andere, aus schwachen vereinzelten Bündeln gebildet, durchsetzt das Palisadengewebe. Bastbelege finden sich überdies am Hadrom und Leptom aller größeren Gefäßbündel vor. Im Palisadengewebe wie im Schwammparenchym treten zerstreut Raphidenschläuche auf, deren aus dicken Nadeln geformtes Kristallbündel von einer mächtigen Schleimmasse umschlossen wird.

Zeigen schon die mäßige Cutinisierung der Epidermisaußenwände und das gut ausgebildete Durchlüftungssystem an, daß die Ölpalme an ihren natürlichen Standorten höchstens solchen Transpirationsmaximis ausgesetzt ist, denen noch immer durch volle Inanspruchnahme des Wassergewebes begegnet werden kann, so findet diese Schlußfolgerung in dem

Bau der Spaltöffnungen nur eine weitere Stütze. Die Spaltöffnungen, welche dichtgedrängt auf der Unterseite auftreten, gehören ganz dem gewöhnlichen hygrophilen Typus an. Sie sind nicht eingesenkt, die Rückenwand ist dünn, die Bauchwand mit zwei Verdickungsleisten versehen; Vor- und Hinterhof sind typisch, beide mit Cuticularhörnchen abschließend, zwei kleine Cuticularleisten treten auch am Grunde des Vorhofes über der Zentralspalte auf. Den beiden Nebenzellen kommt ein schön entwickeltes äußeres Hautgelenk zu.

Wie bei *Cocos* sind auch bei *Elaeis* in Gruben eingesenkte Trichome vorhanden, die zweifelsohne Hydathoden darstellen. Sie kommen in ziemlicher Anzahl zerstreut sowohl auf der Ober- wie auf der Unterseite der Fiedern vor. Die Trichome der Unterseite sind wie folgt gebaut: Das Haar setzt sich aus einer meist etwas über die Grube vorragenden Keule zusammen, welche oben in ein, seltener zwei der Epidermis anliegende Anhängsel übergeht. Den Fuß des Haares bildet eine einzige Zelle, welche zur Hälfte in der Epidermis, zur Hälfte in der Keule steckt und an der Übergangsstelle der Keule in die Epidermis eine ringförmige, dickwandige Einschnürung (Fig. 9) zeigt; die basale Wand der Fußzelle ist dünnwandig und getüpfelt. Über der Fußzelle wird die Keule mehrzellig. Die Innenwände der Keulenzellen sind verhältnismäßig dünn, aber mit Verdickungsfasern versehen, die zum Teile netzförmig sich verbinden; der Inhalt besteht aus dichtem, körnigem Plasma mit Zellkern. Das Anhängsel der Keule ist gewöhnlich in Form eines wenigzelligen Zellfadens entwickelt (Fig. 8); die Zellen sind dickwandig und abgestorben, und häufig kann man beobachten, daß das Ende des Anhängsels desorganisiert ist, und eine oder mehrere Zellen abgestoßen worden sind. Die Trichome der Oberseite stimmen prinzipiell mit denen der Unterseite überein, unterscheiden sich aber von ihnen in mehreren Punkten. Die Keule ist schmächtiger und niedriger als die Grube; Anhängsel fehlen. Die Zellen sind abgestorben; die trennenden Wände sind stärker verdickt, besonders an den hier häufig in der Zweizahl vorkommenden Fußzellen. Es ist wohl sehr wahrscheinlich, daß die Keulenhaare der Oberseite primäre Hydathoden sind, welche an den noch jugendlichen

Blättern funktionieren und nach deren Auswachsen ihre Tätigkeit einstellen, während die Keulenhaare der Unterseite später in Aktion treten und auch an alten Blättern noch ihre Funktionsfähigkeit beibehalten.

III.

Fassen wir die Ergebnisse unserer Untersuchung zusammen, so finden wir, daß in jedem einzelnen Falle die anatomischen Struktureigentümlichkeiten der Blattfiedern in enger Beziehung zu dem natürlichen Standorte der betreffenden Palme stehen, also vollständige Anpassung an die herrschenden klimatischen Verhältnisse besteht. Es ist von vornherein zu erwarten, daß die Anpassung am deutlichsten gegenüber jenen Faktoren zutage treten muß, welche, wenn wir von der Lichtwirkung abstrahieren, in Wechselbeziehung miteinander die Ausbildung eines Assimilationsorgans am augenfälligsten beherrschen: Luftfeuchtigkeit und Wärme. *Elaeis guineensis* ist eine Schattenpalme des feuchten Tropenklimas, und dementsprechend zeigt der anatomische Bau der Blattfieder hygrophilen Charakter; die zahlreichen Trichomhydathoden weisen gleichzeitig darauf hin, daß die Transpiration wegen allzu hohen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft häufig auf ein Minimum herabgedrückt wird und deshalb das Wasser in flüssiger Form ausgeschieden werden muß. *Chamaerops humilis* ist die Bewohnerin eines Gebietes, in welchem monatelang trockene Hitze herrscht und im Einklange damit ist die Fächerspreite durchaus xerophil gebaut. *Arenga saccharifera*, *Ceroxylon andicola*, *Cocos nucifera* und *Nipa fruticans* heimaten zwar in immer feuchten tropischen Gebieten, aber ihre Blattflächen sind der direkten Insolation ausgesetzt und weisen deshalb in ihrem Bau Einrichtungen auf, die daraufhin abzielen, ein Überschreiten des zulässigen Transpirationsmaximums möglichst hintanzuhalten. Die Wege, die hiebei eingeschlagen werden, sind je nach den Gattungen verschieden. Bei *Cocos nucifera* ist es in erster Linie die Epidermis selbst, welcher die Schutzrolle gegen übermäßige Transpiration zufällt; ihre Außenwände sind stark verdickt und cutinisiert und eine zusammenhängende Wachskruste überzieht die Cuticula. *Nipa fruticans* besitzt

in den Spaltöffnungen Organe, welche durch ihren so eigentümlichen Bau ausgiebigen Transpirationsschutz gewähren. *Arenga saccharifera* und *Ceroxylon andicola* endlich genießen durch den gleichmäßigen Haarüberzug der Fiederunterseite einen so vortrefflichen Schutz gegen die Überschreitung der zulässigen Transpirationsgröße, daß ihre Spaltöffnungen hygrophilen Charakter bewahren können; bei *Ceroxylon*, wo die Spaltöffnungen in unter den Gefäßbündeln hinziehenden Längsfurchen eingesenkt und so die Hauptwege der Transpiration schon eingeengt und einigermaßen geschützt sind, genügt eine einfachere Ausbildung der Haardecke, bei *Arenga*, deren zahllose Spaltöffnungen über die ganze Unterseite der Fieder zerstreut sind, zeigt der Haarüberzug eine bedeutend kompliziertere Zusammensetzung. Auffallend ist es, daß bei den speziellen Anpassungen an erhöhten Transpirationsschutz das Wassergewebe so gut wie keine Rolle spielt. Das Wassergewebe von *Cocos nucifera* ist nicht viel mächtiger entwickelt als das von *Elaeis guineensis*; und *Chamaerops humilis* besitzt gar nur ein einschichtiges kleinzelliges Wassergewebe. Diese Erscheinung spricht wohl dafür, daß die anderweitigen Schutzmittel gegen übermäßige Transpiration so vortrefflich funktionieren, daß das Wassergewebe in der Ausbildung, in welcher es sich schon an hygrophilen Palmenblättern vorfindet, nicht abgeändert zu werden braucht, um seiner Aufgabe als lokaler Wasserspeicher zu genügen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Nipa fruticans.

Fig. 1. Spaltöffnung der Blattfieder im Querschnitte.

Fig. 2. Eine Schließzelle bei stärkerer Vergrößerung.

Fig. 3. Spaltöffnung der Blattfieder in Oberflächenansicht.

Fig. 4 bis 6. Hydathoden der Blattfieder im Querschnitte.

Fig. 7 und 8. Hydathoden der Blattfieder in Oberflächenansicht; in Fig. 8 mit Einzeichnung der Verstopfungsmasse.

Fig. 9 und 10. Spaltöffnungen des Fruchtstand-Hochblattes im Querschnitte.

Fig. 11. Spaltöffnung des Hochblattes in Oberflächenansicht.

Fig. 12. Hydathode der Unterseite des Hochblattes im Querschnitte.

Fig. 13. Hydathode der Hochblatt-Unterseite in Oberflächenansicht.

Fig. 14 und 15. Hydathoden der Hochblatt-Oberseite im Querschnitte.

Fig. 16 bis 18. Hydathoden der Hochblatt-Oberseite in Oberflächenansicht.

Fig. 19. Abweichend gebaute Hydathode der Hochblatt-Oberseite.

Tafel II.

Arenga saccharifera.

Fig. 1. Fußstück eines Schildhaares der Fiederunterseite im Querschnitte mit angrenzenden Epidermiszellen.

Fig. 2. Fußstück eines Schildhaares der Mittelrippe; die angrenzenden Epidermiszellen teilweise sklerotisiert.

Fig. 3 und 4. Fußstücke eines Schildhaares der Fiederunterseite am Blattquitt.

Fig. 5. Fiederunterseite im Querschnitte mit durch den Schnitt abgehobener Filzdecke.

Fig. 6 und 7. Polzellen am Blattquerschnitte.

Fig. 8. Schildhaar der Blattspindel in Oberflächenansicht.

Fig. 9. Normale Spaltöffnung der Blattspindel in Oberflächenansicht.

Fig. 10. Normale Spaltöffnung der Blattspindel im Querschnitte.

Fig. 11 und 12. Rudimentäre Spaltöffnungen der Mittelrippe im Querschnitte.

Fig. 13 bis 17. Rudimentäre Spaltöffnungen der Blattspindel in Oberflächenansicht; Fig. 13 und 16 von einem jungen, Fig. 14, 15 und 17 von einem alten Blatte.

Fig. 18. Spaltöffnung der Blattunterseite in Oberflächenansicht.

Tafel III.

Ceroxylon andicola (Fig. 1 bis 4); *Cocos nucifera* (Fig. 5).

Fig. 1 und 2. Fiederunterseite im Querschnitt; in Fig. 1 Grube mit Spaltöffnungen, in Fig. 2 Grube mit Schildhaar.

Fig. 3. Teil eines Schildhaares von der Fiederunterseite, von oben betrachtet.

Fig. 4. Fiederquerschnitt.

Fig. 5. Schildfläche eines Haares von *Cocos nucifera* in Oberflächenansicht.

Tafel IV.

Cocos nucifera (Fig. 1 und 2); *Chamaerops humilis* (Fig. 3 bis 6); *Elaeis guineensis* (Fig. 7 bis 9); *Nipa fruticans* (Fig. 10).

Fig. 1. Keulenhaar am Fiederlängsschnitte.

Fig. 2. Teil eines Blattquerschnittes mit der Sklerenchymauflagerung der Leptombastsichel.

Fig. 3. Blattquerschnitt.

Fig. 4. Spaltöffnung im Querschnitte.

Fig. 5. Spaltöffnung im Längsschnitte.

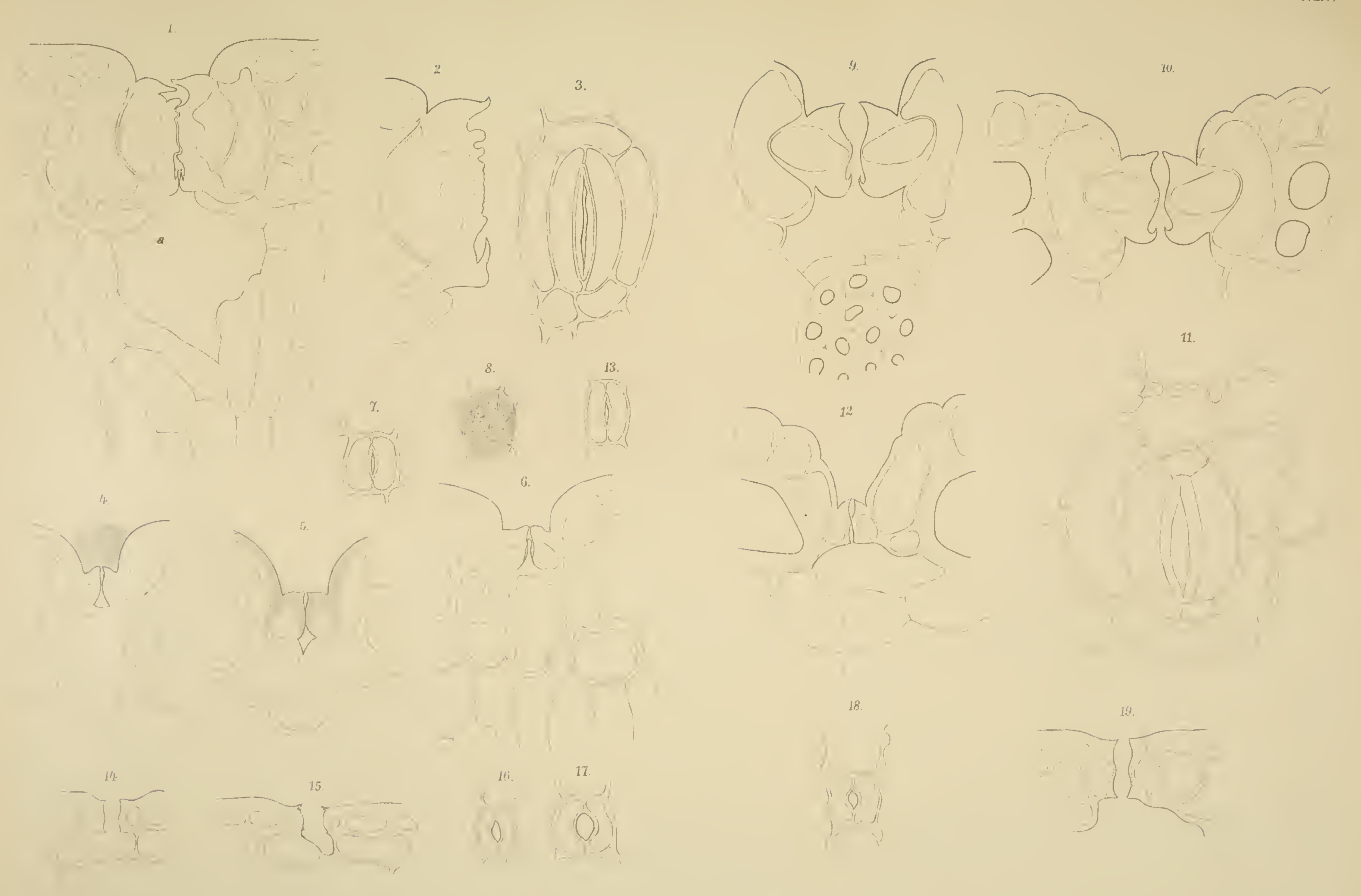
Fig. 6. Spaltöffnung in Oberflächenansicht.

Fig. 7. Teil eines Blattquerschnittes.

Fig. 8. Keulenhaar der Fiederunterseite, von oben gesehen.

Fig. 9. Keulenhaar der Fiederunterseite am Blattquerschnitte.

Fig. 10. Teil eines Blattlängsschnittes mit der oberen Sklerenchymlage.



Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

1. 2. 3. 6. 11. 8. 7. 18. 12. 4. 13. 5. 16. 14. 9. 17. 15. 10.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

1.

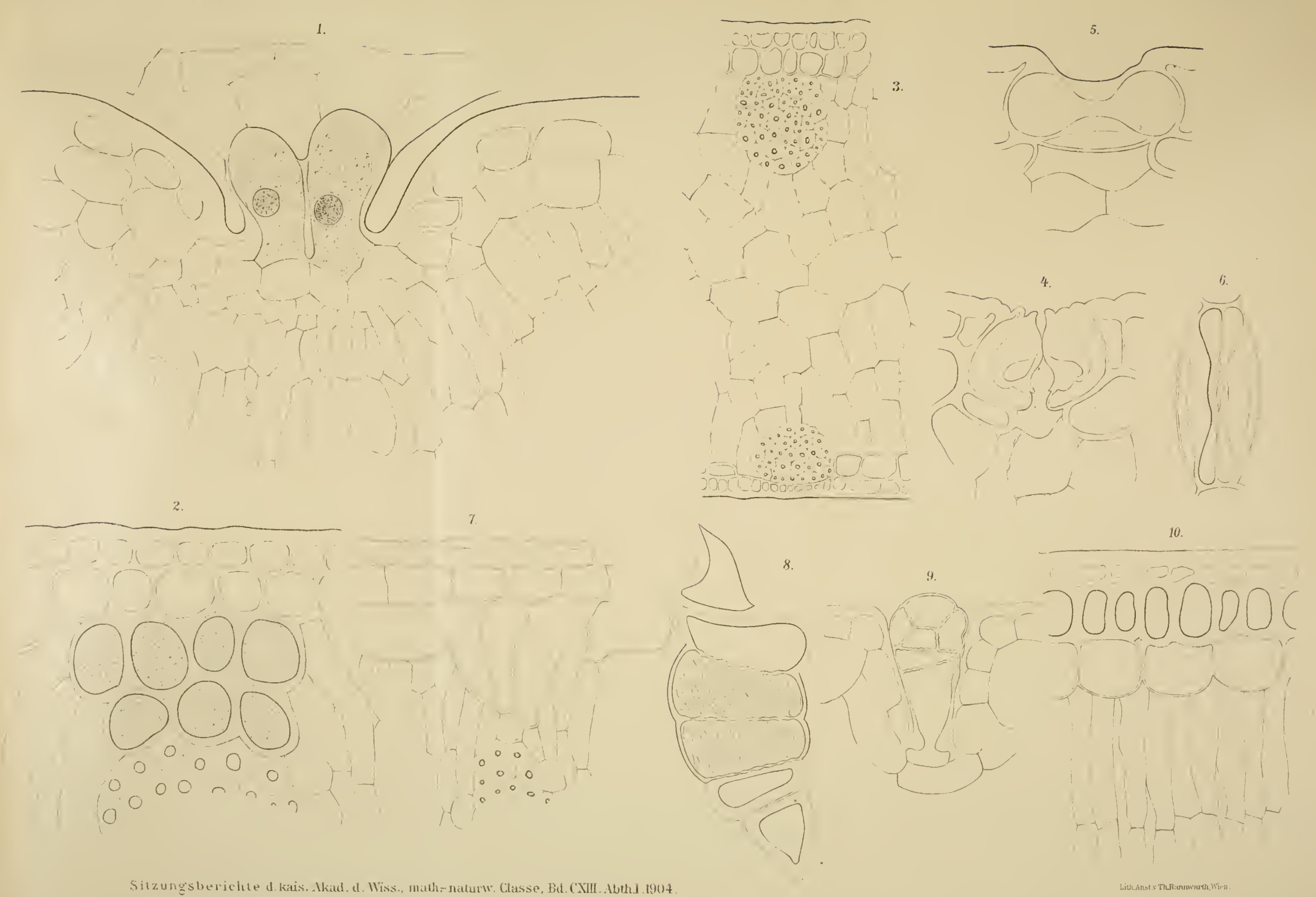
2.

3.

4.

5.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien



Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.